

Быков К.А., студент
Никулин С.П., вед. науч. сотрудник

ВЫХОД ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ СИСТЕМЫ ТИПА ОБРАЩЕННЫЙ МАГНЕТРОН

Интерес к изучению характеристик тлеющих разрядов низкого давления обусловлен в основном возможностью их использования для разработки надежных, обладающих высоким ресурсом источников пучков заряженных частиц. В последние годы в этой области большое внимание уделяется проблеме получения пучков большого сечения с равномерным распределением плотности тока по сечению пучка. Это связано с разработкой и постепенным внедрением в промышленность различных электронно-ионно-плазменных технологий, связанных с обработкой крупногабаритных изделий. Для решения указанной проблемы необходимо создание плазменного эмиттера с однородным, или близким к однородному, распределением плотности эмиссионного тока.

В результате ранее проведенных исследований тлеющих разрядов с осциллирующими электронами был разработан ионный источник с холодным катодом на основе Пеннинговского разряда с неэквипотенциальным катодом. Этот источник обладает существенно более высокими ресурсом и надежностью по сравнению с известными источниками на основе несамостоятельной дуги с накаливаемым катодом и успешно используется в научных организациях и на промышленных предприятиях для решения как фундаментальных, так и прикладных задач. При использовании этого источника удалось достичь энергетической эффективности 0.4 А/кВт, близкой к предельно возможной для систем на основе тлеющих разрядов с осциллирующими электронами. Дальнейшее продвижение в создании источников с более высокой энергетической эффективностью возможно при использовании систем на основе несамостоятельного разряда, в которых поддержание разряда обеспечивается благодаря эмиссии электронов из плазмы вспомогательного разряда.

В настоящее время в лаборатории пучков частиц разрабатывается ионный источник на основе несамостоятельного Пеннинговского разряда с дополнительной эмиссией электронов из плазмы разряда в системе типа обращенный магнетрон. Целью настоящей работы было изучить условия выхода электронов из этой системы.

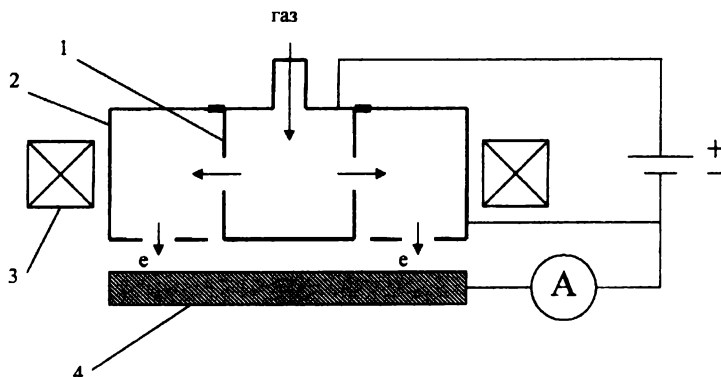


Рис. 1. Макет экспериментальной установки

Экспериментальный макет установки изображен на рис. 1. Газоразрядный промежуток образован коаксиальными цилиндрическими электродами – анодом 1 и катодом 2. Торцы промежутка имели катодный потенциал. Газ напускался во внутреннюю полость анода и затем через набор отверстий в аноде поступал в разрядный промежуток. Магнитное поле в системе создавалось соленоидом 3, который расположен коаксиально с системой электродов. Индукция магнитного поля менялась при изменении тока через соленоид. Электроны из газоразрядной плазмы выходят через набор отверстий в торцевом электроде и попадают на коллектор 4. Количество и размер отверстий менялись в ходе эксперимента. С помощью амперметра измеряется сила тока эмиттированных электродов ($I_{\text{э}}$). Напуск газа в системе регулируется натекателем газа РРГЗ. Блок питания позволял варьировать ток разряда в пределах 20 – 200 мА. Чтобы повысить КПД данной системы, необходимо, чтобы отношение тока эмиссии к току разряда стремилось к единице:

$$\frac{I_{\text{э}}}{I_{\text{р}}} \rightarrow 1, \text{ соответственно } \text{КПД} = \frac{I_{\text{э}}}{I_{\text{р}}} \cdot 100\% \rightarrow 100\%,$$

где $I_{\text{э}}$ – ток эмиссии,

$I_{\text{р}}$ – ток разряда.

Снимались эмиссионные характеристики, т. е. зависимости тока эмиссии от тока разряда, при разных напусках газа (см. рис. 2). Из графика видно, что зависимости почти линейные и возрастают при увеличении тока разряда. Кроме того, можно заметить, что при увеличении напуска газа кривая лежит выше, отсюда делаем вывод, что напуск газа влияет на эмиссию электронов, а именно увеличивает выход электронов, но не очень существенно.

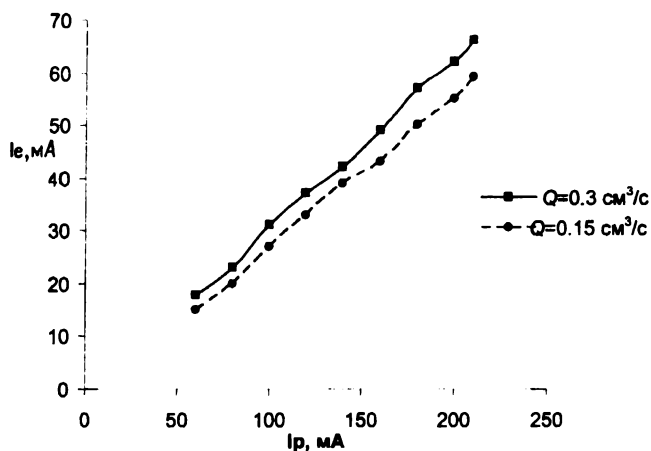


Рис. 2. График зависимости тока эмиссии (I_e) от тока разряда (I_p) при разных напусках газа (Q)

На следующем графике представлена зависимость тока эмиссии от индукции магнитного поля при различных токах разряда (см. рис. 3).

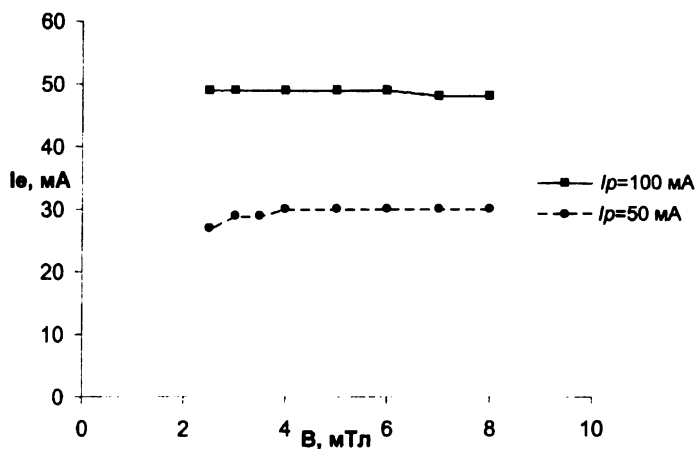


Рис. 3. График зависимости тока эмиссии (I_e) от индукции магнитного поля (B) при различных токах разряда (I_p)

Видно, что в данной системе магнитное поле не оказывает существенного влияния на величину тока эмиссии. Однако, как было выяснено в эксперименте, при уменьшении магнитного поля постепенно нарастает напряжение горения разряда, а в слабых магнитных полях рост напряжения усиливается (см. рис. 4).

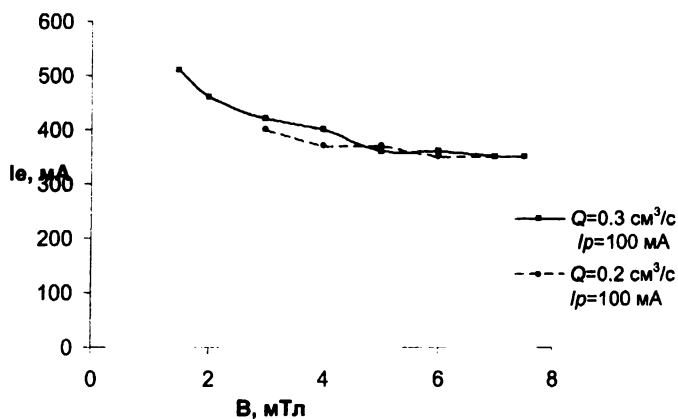


Рис. 4. График зависимости тока эмиссии (I_e) от индукции магнитного поля при разных напусках газа (Q) и фиксированном токе разряда (I_p)

Заключение. Проведенные эксперименты позволили определить рабочий диапазон горения разряда в системе обращенный магнетрон и добиться извлечения из него до 60 % электронов. Полученные результаты будут использованы в дальнейшем при разработке ионного источника.